

文章编号:1000-582X(2007)03-0141-04

# 基于工程质量评价的质量挣值法\*

傅鸿源,黄创斌,赵浪

(重庆大学建设管理与房地产学院,重庆 400030)

**摘要:**为了克服挣值法没有考虑工程质量对成本、进度的影响而在工程偏差分析上存在的缺陷,通过构造一个模糊层次分析的质量评价模型来评价工程质量,并运用质量评价结果来修正挣值法,从而提出了基于工程质量评价的质量挣值法.用实例对该方法进行验证,表明该方法量化了质量偏差,为处理成本、进度、质量三者的关系提供了依据.

**关键词:**质量评价;质量挣值;层次分析;模糊评判

**中图分类号:**F28

**文献标识码:**A

随着知识经济的发展,项目开发与实施正在逐步成为人们创造精神和物质财富的主要途径,人们将更多地倚重于各种项目的开发与实施,因此项目管理正在成为一个非常重要的管理领域.在项目管理的知识体系中,项目集成管理是一项具有综合性和全局性的管理工作<sup>[1]</sup>,也最受人们关注,但是,由于管理科学本身所具有的特性以及其他的原因,至今人们在项目集成管理的理论,方法和技术方面的深入研究十分有限.其中一项重要的研究成果是由美国国防部组织美国空军等机构从20世纪60年代末开始研究,一直到20世纪90年代末才成型的项目挣值管理.现在,许多学术界和实业界的权威们都认为挣值管理将会发展成为21世纪项目管理的主导性方法之一.

项目管理的目标是全寿命周期的费用最低,项目质量的好坏,在很大程度上决定了日后的维护费用的高低.质量优质工程,日后维护费用无疑要低许多.然而目前挣值法没有考虑质量对于进度、成本的影响,所求出来的成本偏差、进度偏差就会不考虑质量,从而有可能造成对于质量控制的疏漏.基于此,文章构造了模糊层次分析的质量评价模型,并运用质量评价来结果修正挣值法从而提出了质量挣值法.

## 1 质量评价

### 1.1 工程质量

质量反映实体满足和隐含需要能力的特性之总

和.狭义的质量指产品的质量,即工程实体的质量.广义质量还包括工作的质量以及质量管理体系运行的质量.产品质量是指产品的使用价值及其属性;而工作质量则是产品质量的保证,它反映了与产品质量直接有关的工作对产品质量的保证程度.工程质量包括工程实体质量和工程工作质量.工程实体质量包括分部工程、分项工程质量、分部工程质量、单位工程质量、单项工程质量、建设工程质量<sup>[2]</sup>.工作质量包括社会工作质量以及生产过程质量.每个质量还可以再分,如社会工作质量可以分为社会调查、市场预测以及质量回访等.

### 1.2 模糊层次分析的质量评价模型

文章以分部工程质量评价为例来说明模糊层次分析的质量评价模型.

#### 1.2.1 层次分析确定权重

1)构造质量评估指标体系.层次分析一般分成目标层、准则层、指标层3层,分部工程评估指标体系也分成3层<sup>[3]</sup>,如图1所示.

2)构造判断矩阵.根据层次分析重要性判断标准,通过专家评分,可以建立B层的判断矩阵 $B_{5 \times 5}$ 和C层的判断矩阵 $C_{i \times i}$ .

3)计算各因素对上一层的权重 $w_{B_i}, w_{C_i}$ .通过求取判断矩阵的特征向量的分量,并将其进行归一化处理,得到各因素指标的权重值 $w_{B_i}, w_{C_i}$ .

4)对判断矩阵作相容性检验.判断矩阵需要做一

\* 收稿日期:2006-10-08

作者简介:傅鸿源(1946-),男,重庆大学教授,博士生导师,主要从事城市规划系统工程以及工程项目管理的研究,

E-mail: fhy5806@126.com.

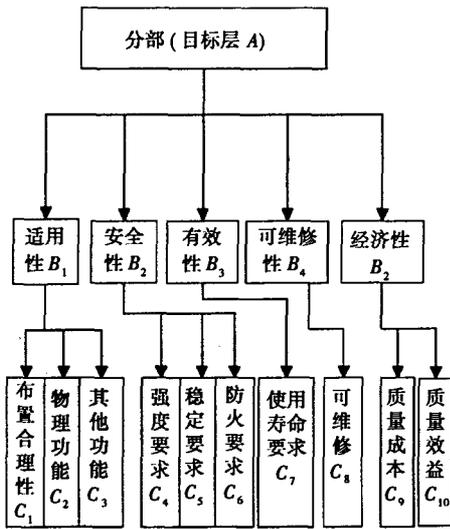


图1 质量评估指标体系示意图

致性检验,其步骤为:先计算判断矩阵最大特征根  $\lambda_{max}$ ;然后计算权重矩阵一致性指标  $C_I, C_I = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$ ;接着计算一致性比例  $C_R$ ,并进行判断. 随机一致性比率  $C_R = C_I/R_I$ ,其中  $R_I$  为平均随机一致性指标.

当  $C_R = 0$  时,权重比矩阵具有完全的一致性,  $C_R$  值越大,矩阵一致性越差,一般要求  $C_R \leq 0.1$ ,才可以认为所计算出来的权重是可以接受的.  $C_R > 0.1$  时,认为判断矩阵不符合一致性要求,需要对该判断矩阵进行重新修正.

1.2.2 模糊评判

运用层次分析确定了各因素对于分部工程质量的权重,但是分部工程质量的各因素质量还没有确定,可以运用模糊理论来确定各因素的质量<sup>[4]</sup>. 其步骤如下:

1) 构造质量评估指标体系. 质量评估指标体系的构造与层次分析相同.

2) 确定评判对象的因素集. 如  $B_1$  层的因素集  $U_{B1} \{ \text{布置合理性, 物理功能, 其他功能} \} = U_{B1} \{ C_1, C_2, \dots, C_N \}$

3) 确定评判集. 将质量评定的评判集确定为  $V = \{ \text{优、良、中、合格、不合格、严重不合格} \}$ . 根据质量等级评分令:9~10分为优,8~9分为良,7~8分为中,5~7分为合格,3~5分为不合格,0~3分为严重不合格;这里为了方便计算取各段中值为评判集各指标的得分值  $S = \{ s_1, s_2, \dots, s_m \} = \{ 9.5, 8.5, 7.5, 6, 4, 1.5 \}$ .

4) 作单因素评判. 对  $B_1$  层第  $i$  个因素的单因素模糊评判为模糊子集  $R_i = \{ V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{im} \}$ ,如表1中所示.  $X_{ij}$ 表示因素集  $U_{B1}$  中因素  $C_i$  的评价为  $V_j$  的评价人

员数量.

表1 因素集  $U_{B1}$  因素评价表

$U_{B1}$	$V$					
	优 $V_1$	良 $V_2$	中 $V_3$	合格 $V_4$	不合格 $V_5$	严重不合格 $V_6$
布置合理性	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$
物理功能	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$X_{24}$	$X_{25}$	$X_{26}$
其他功能	$X_{31}$	$X_{23}$	$X_{33}$	$X_{34}$	$X_{35}$	$X_{36}$

$$n = \sum_j X_{ij}, V_{ij} = X_{ij}/n, i = 1, 2, 3, j = 1, \dots, 6.$$

据此可确定模糊关系矩阵

$$R_{B1} = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1m} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{n1} & V_{n2} & \dots & V_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

5) 综合评判. 评判对象的模糊综合评判为  $y_{B1}$ , 且

$$y_{B1} = w_o R_{B1} \quad (2)$$

式中,“o”为模糊合成运算符. 同理可以得到  $y_{B2}$ 、 $y_{B3}$ 、 $y_{B4}$  以及  $y_{B5}$ .

用以上得到的评判结果作为 A 层的模糊判断矩阵  $R_A$ , 从而可以计算 A 层的综合评判为  $y_A = w_B o R_A$ .

进行归一化处

$$y_A = (y_1 / \sum_{i=1}^m y_i, y_2 / \sum_{i=1}^m y_i, \dots, y_m / \sum_{i=1}^m y_i) \quad (3)$$

6) 确定 A 分部工程质量评分值. A 分部工程质量

$$\text{评分 } P_A = y_A \cdot S = \sum_{i=1}^m y_i \times s_i \quad (4)$$

2 质量挣值法(Quality earned value method)

2.1 挣值法(Earned value method)基本理论

美国项目管理协会(PMI)颁布的2002版项目管理知识体系(PMBOK)对挣值法所做的定义是:从头到尾来测量和报告项目特性的一种技术. 挣值法可以由3个基本值来表示<sup>[5]</sup>.

1) BCWS 计划工程预算费用. 即根据批准认可的进度计划和预算到某一时点应当完成的工作所需投入资金的累计值. 这个值对衡量工程进度和工程费用都是一个标尺或基准.

2) BCWP 完成工作预算费用. 即根据批准认可的预算,到某一时点已经完成的工作所需投入资金的累计值. 由于业主正是根据这个值对承包商完成的工作进行支付(前提条件是承包商完成的工作必须经过验收,符合质量要求),也就是承包商挣得的金额,故称为挣值 EV,  $EV = BCWP$ , 挣值反映了满足质量标准的工程实际进度.

3) ACWP 完成工作实际费用. 即到某一时点已完

成的工作所实际花费的总金额。

由以上3个基本值可以计算出4个进行偏差分析的重要的指标:

1) 成本偏差  $CV = BCWP - ACWP$ .  $CV < 0$  表示费用超支,  $CV > 0$  表示费用结余;

2) 进度偏差  $SV = BCWS - BCWP$ .  $SV < 0$  表示进度超前,  $SV > 0$  表示进度滞后。

3) 成本偏差率  $CVP = CV/BCWP \times 100\%$ 。

4) 进度偏差率  $SVP = SV/BCWS \times 100\%$ .  $CVP$  反映了实际成本对计划成本的偏离程度;  $SVP$  反映了实际进度对计划进度的偏离程度。

在评价进度、成本系统时,必须同时比较成本偏差和进度偏差,因为成本偏差不能反映进度偏离情况,而进度偏差亦不能反映成本偏差情况<sup>[6]</sup>。

## 2.2 质量挣值法

质量挣值法是以完成工作考虑质量修正后的挣得值为基础,用4个基本值量测工程进度、费用、质量全面衡量和反映工程进展状况的项目管理整体技术方法。质量、进度、成本是相互影响,相互制约的。在同样的条件下,质量的提升,会引起进度的拖延和成本的增加<sup>[7]</sup>。目前挣值法没有考虑质量的影响,故引入质量挣值法的概念。

### 2.2.1 质量指数的确定

1) 由质量评价得到的质量评分值确定工程质量综合评分值:

根据各个工序计划成本在待评工程总计划成本中的比重确定其在待评工程中的权。由这个权乘以质量评分值再累加便得到实际工程质量的综合评分值。

$$\text{实际工程质量综合评分值 } P_{\text{综}} = \frac{\sum \text{各分部工程质量评分值 } P_A \times \text{各分部工程成本}}{\sum \text{各分部工程计划成本}} \quad (5)$$

2) 确定质量指数。根据工程要求的质量等级,我们给定其计划质量分值为:  $P_{\text{计}}$ ; 计算实际的与计划的质量之比,我们称之为质量指数。

$$\text{质量指数 } QI = \frac{\text{实际工程质量综合评分值 } P_{\text{综}}}{\text{实际工程计划质量分值 } P_{\text{计}}}$$

3) 确定成本变化系数: 成本变化系数

$$CVI = f(QI) \quad (6)$$

其中  $f(QI)$  是经验函数,可以通过以往数据绘制成本与质量关系图来进行拟合,函数中的参数可以由以往数据的统计处理,以及有经验工程师来综合评定;也可以通过现场试验的方法来确定成本变化系数。

然后根据实际工程的成本变化系数对传统的挣值进行修正,这样就可以得到较为符合实际的工程质量挣得值,也才能更准确的反映成本偏差和进度偏差。算

法如下:

### 2.2.2 质量挣值法评价标准

新增基本值:  $QBCWP = BCWP \times CVI$ ;

5个重要指标:

1) 成本偏差  $CV' = QBCWP - ACWP$ ;  $CV' < 0$  表示费用超支,  $CV' > 0$  表示费用结余;

2) 进度偏差  $SV' = BCWS - QBCWP$ ;  $SV' < 0$  表示进度超前,  $SV' > 0$  表示进度滞后;

3) 成本偏差率  $CVP' = CV'/QBCWP \times 100\%$ ;  $CVP'$  反映了实际成本对完成工程实际质量计划成本的偏离程度;

4) 进度偏差率  $SVP' = SV'/BCWS \times 100\%$ ;  $SVP'$  反映了实际质量实际进度对计划进度的偏离程度;

5) 质量偏差  $QV = QBCWP - BCWP$ ;  $QV < 0$  表示质量降低费用减少部分,  $QV > 0$  表示质量提高费用增加部分;

由以上指标的计算式我们可以分析得到:

成本偏差  $CV' = QBCWP - ACWP = CV + QV$ ; 进度偏差  $SV' = BCWS - QBCWP = SV - QV$ ;  $QI$  反映了实际质量与计划质量的偏离程度。  $QI > 1$  表示质量提高,  $QI < 1$ , 表示质量下降。

运用图形描述质量挣值法如图2所示:

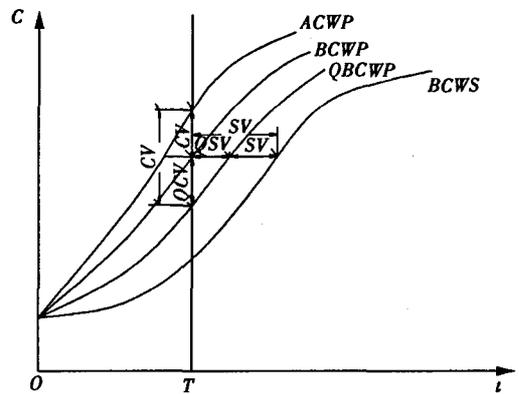


图2 质量挣值法原理图

由图2可以显示处 QBCWP 曲线与 BCWP 曲线不一致,  $QI > 1$  推出  $CVI > 1$  时一般 QBCWP 曲线在 BCWP 曲线上,反之在下面。

## 3 实例

以下为某工程检查日的基本情况:

已经完成3部分实体,各实体的计划成本分别为30万元,15万元,24万元; ACWP 为89.3万元, BCWP 为69万元, BCWS 为75.8万元; 计划质量标准为中,即计划质量分值为7。

### 3.1 质量评价

以准则层为例来说明质量指数的确定。

通过专家的判断打分,权重判断矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 6 & 8 & 3 \\ 1/5 & 1 & 4 & 3 & 1/3 \\ 1/6 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/8 \\ 1/8 & 1/3 & 3 & 1 & 1/5 \\ 1/3 & 3 & 8 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

权重为  $w_{Bi} = (0.49, 0.13, 0.04, 0.06, 0.28)$ ; 最大特征值  $\lambda_{\max} = 5.34$ ; 一致性指标  $CI = 0.084$ ; 查取一致性比例  $CR = 1.12$ ; 计算随机一致性比率  $CR = 0.075 < 0.1$ , 认为权重可以接受. 作单因素评判推出:

实体1模糊判断矩阵为

$$\begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

类似式(2)计算出实体1的综合评判值为  $y_1 = (0.40, 0.16, 0.23, 0.16, 0.05, 0)$ ; 由式(4)计算得实体1质量评分值为  $P_1 = 7.88$ . 同样可以求出实体2质量评分值  $P_2 = 7.5$ ; 实体2质量评分值  $P_3 = 8.54$ .

由式(5)得已完工程的质量综合评分值  $P_{\text{综}} = 8.03$ , 质量指数  $QI = 1.147$ . 通过运用本工程的经验函数公式(6), 确定成本变化系数  $CVI = 1.24$ .

### 3.2 应用质量挣值法进行分析

$$QBCWP = BCWP \times CVI = 69 \times 1.24 = 85.56 (\text{万元});$$

成本偏差

$$CV = BCWP - ACWP = 69 - 89.3 = -20.3 (\text{万元});$$

质量偏差

$$QV = QBCWP - BCWP = 85.56 - 69 = 16.56 (\text{万元});$$

真实成本偏差

$$CV' = QBCWP - ACWP = CV + QV = -3.74 (\text{万元});$$

进度偏差

$$SV = BCWS - BCWP = 75.8 - 69 = 6.8 (\text{万元});$$

真实进度偏差

$$SV' = BCWS - QBCWP = SV - QV = -9.76 (\text{万元});$$

成本偏离率

$$CVP = CV/BCWP \times 100\% = -29.4\%;$$

真实成本偏离率

$$CVP' = CV'/QBCWP \times 100\% = -5.42\%;$$

进度偏离率

$$SVP = SV/BCWS \times 100\% = 8.97\%;$$

真实进度偏离率

$$SVP' = SV'/BCWS \times 100\% = -12.87\%.$$

通过以上的计算可知:  $QI = 1.147$  工程实际质量高于计划质量; 实际成本超支 20.3 万元, 扣除质量提增加成本 16.56 万元, 成本超支 3.74 万元; 进度滞后 6.8 万元, 扣除质量因素, 真实进度提前 9.76 万元.

## 4 结论

运用层次分析与模糊评判提出了质量评价的模型, 并通过运用质量评价结果修正挣值法提出了质量挣值法. 质量挣值法较好地考虑了成本、进度、质量三大目标相互制约、相互影响的关系; 较实际地反映成本与进度的偏差, 为开发商以及承包商综合考虑质量、成本、进度控制提供一个较为实用的偏差分析方法; 不足之处在于对应于质量指数的成本变化系数函数没有很好的确立.

参考文献:

- [1] 成虎. 工程项目管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [2] 周焯华, 张宗益. 建筑工程质量评定的层次分析法[J]. 重庆建筑大学学报, 1997, 19(6): 79-84.
- [3] 刘玉斌, 惠艺军. 建筑质量综合评价模型[J]. 水利科技与经济, 2003, 9(2): 144-145.
- [4] 卢有杰. 建设系统工程[M]. 北京: 清华大学出版, 1996.
- [5] 孙贤伟. 项目管理中的“挣值”分析原理及其拓展[J]. 现代财经, 2002, 22(12): 26-29.
- [6] 罗新星, 苗维华. 挣值法的理论基础和实践应用[J]. 中南大学学报: 社会科学版, 2003, 9(3): 369-372.
- [7] 王永坤, 仲维清, 黑瑞卿. 基于挣值理论的工程质量、成本、进度集成控制[J]. 辽宁工程技术大学学报: 社会科学版, 2005, 7(6): 639-641.

## Quality Earned Value Method Based on Quality Evaluation

FU Hong-yuan, HUANG Chuang-bin, ZHAO Lang

(College of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Earned Value Method only consider cost and schedules, but dose not consider the effects that project quality causes to cost and schedule, thus there is fault while using the method to analyze some problems. In order to overcome the fault, Quality Earned Value Method based on Quality Evaluation is brought forward by building a fuzzy and AH Pmodel to evaluate project quality and by amendingthe Earned Value Method based on the result of evaluating quality. The method is checked with an example. In the example, the Quality Variation is figured out, which shows that Quality Earned Value Method offers a reliance to deal with cost and schedule and quality in earn value management.

**Key words:** quality evaluation; quality earned value; AHP fuzzy judgment

(编辑 姚 飞)